





## Scanning head comprising a semiconductor substrate with a blind hole containing a light source

**Patent number:** DE19859670  
**Publication date:** 2000-06-29  
**Inventor:** HOLZAPFEL WOLFGANG (DE); MAYER ELMAR (DE)  
**Applicant:** HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES (DE)  
**Classification:**  
- international: **G01D5/347; G01D5/26;** (IPC1-7): G01B11/02  
- european: G01D5/347B2  
**Application number:** DE19981059670 19981223  
**Priority number(s):** DE19981059670 19981223

**Also published as:**

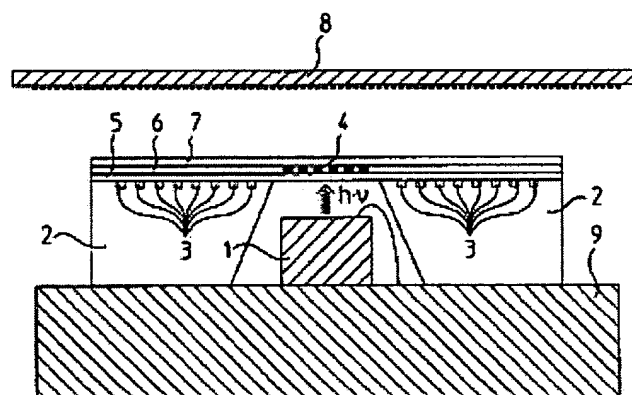
 EP1014043 (A1)  
 US6603114 (B1)  
 JP2000193417 (A)  
 EP1014043 (B1)

**Report a data error here**

Abstract not available for DE19859670

Abstract of correspondent: **US6603114**

A scanning head is described, having on a side facing a scale at least one patterned photodetector, which is realized in a semiconductor substrate. The semiconductor substrate has an anisotropic blind hole that is symmetrical to the several photodetectors, and a light source arranged on a base plate in the blind hole. The transmitting grating for the light source is formed either in a metallization layer on the semiconductor substrate or, in the form of bars of the semiconductor substrate that have not been etched away. The distance between the scale and the transmitting grating as well as the distances between the scale and the patterned photodetector are essentially the same.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 59 670 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 B 11/02**

②① Aktenzeichen: 198 59 670.7  
②② Anmeldetag: 23. 12. 1998  
②③ Offenlegungstag: 29. 6. 2000

DE 198 59 670 A 1

⑦① Anmelder:

Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 83301 Traunreut,  
DE

⑦② Erfinder:

Holzappel, Wolfgang, Dr., 83119 Obing, DE; Mayer,  
Elmar, Dr., 83342 Tacherting, DE

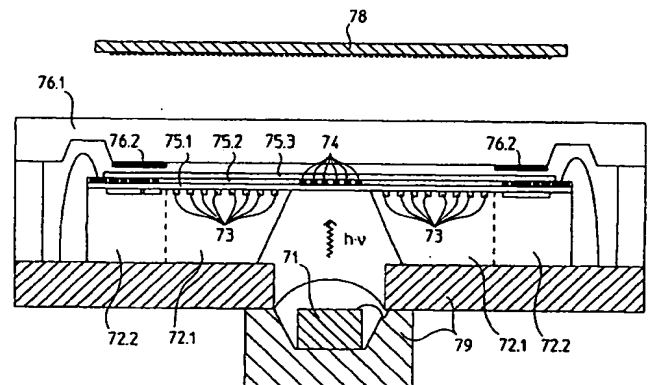
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	43 23 712 C2
DE	197 20 300 A1
DE	197 01 941 A1
DE	42 09 149 A1
DE	40 06 789 A1
DE	25 11 350 A1
DE	40 91 517 T1
GB	15 04 691
US	56 04 345
EP	98 04 658 A1
EP	05 43 513 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Abtastkopf und Verfahren zu dessen Herstellung

⑤⑦ Der erfindungsgemäße Abtastkopf weist auf seiner dem Maßstab zugewandten Seite mindestens einen strukturierten Fotodetektor auf, der in einem Halbleiter-substrat realisiert ist. Symmetrisch zu den meist mehreren Fotodetektoren weist das Halbleitersubstrat ein anisotropes Sackloch auf, in die auf einer Grundplatte eine Lichtquelle angeordnet wird. Das Sendegitter für die Lichtquelle wird entweder in einer Metallisierungsschicht auf dem Halbleitersubstrat oder bei dem Sackloch in Form von nicht weggeätzten Stegen des Halbleitersubstrats realisiert. Dadurch ist es möglich, dass der Abstand zwischen Maßstab und Sendegitter sowie zwischen Maßstab und strukturiertem Fotodetektor im wesentlichen gleich ist. Weiterhin ermöglicht die Herstellung der strukturierten Fotodetektoren und des Sendegitters in aufeinanderfolgenden Verfahrensschritten der Halbleitertechnik eine sehr gute relative Ausrichtung der beiden Strukturen zueinander.



DE 198 59 670 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Abtastkopf für ein Messsystem nach Anspruch 1 und ein Verfahren zu dessen Herstellung gemäss Anspruch 18.

Aus der GB 1,504,691 und der korrespondierenden DE 25 11 350 A1 ist ein Messsystem bekannt, bei dem die Verschiebung einer ersten Baugruppe relativ zu einer zweiten Baugruppe ermittelt wird. Dafür sind zwei Gitter vorgesehen, die zueinander einen konstanten Abstand aufweisen und von denen je eines an einer Baugruppe befestigt wird. Wird das zweite Gitter mit divergentem Licht einer Lichtquelle bestrahlt, erzeugt das erste Gitter ein periodisches Abbild des zweiten Gitters, wobei sich dieses Abbild bewegt, wenn zwischen den beiden Baugruppen eine relative Bewegung vorliegt. Weiterhin sind Fotodetektoren vorgesehen, die eine periodische Struktur aufweisen und fest mit der zweiten Baugruppe verbunden sind. Dabei ist das erste ein reflektierendes Gitter und das zweite Gitter und die Fotodetektoren liegen im wesentlichen in einer Ebene. Die Lichtquelle und das zweite Gitter können auch durch eine strukturierte Lichtquelle ersetzt werden, die das gleiche Abbild wie eine herkömmliche Lichtquelle und ein Gitter erzeugen. Die Struktur der Fotodetektoren interagiert mit dem Abbild derart, dass eine periodische Änderung des Ausgangssignals der Fotodetektoren auftritt, wenn zwischen erster und zweiter Baugruppe eine Relativbewegung vorliegt.

Dabei ist von Nachteil, dass nicht offenbart wird, wie die konkrete Anordnung zu realisieren ist. Weiterhin nachteilig ist, daß die Fotoelemente immer einseitig neben der Lichtquelle angeordnet sind, wodurch eine erhöhte Kippempfindlichkeit des Abtastkopfes resultiert. Aus der Veröffentlichung ist weiterhin nicht bekannt, daß das zweite Gitter und der strukturierte Fotodetektor den möglichst gleichen Abstand zum ersten Gitter aufweisen müssen, um eine optisch hochwertige Abbildung zu ermöglichen. Dies ist jedoch bei der Anordnung aus dem Stand der Technik fertigungstechnisch sehr schwer zu realisieren.

Aus der DE 197 01 941 A1 ist bekannt, dass auf der einem Massstab zugewandten Seite eines lichtdurchlässigen Trägers ein Abtastgitter angeordnet ist. Das Abtastgitter wird von einer Lichtquelle derart bestrahlt, dass ein Abbild des Gitters auf den Massstab projiziert wird. Auf dem Massstab befindet sich ein zweites Gitter, welches das Abbild auf einen strukturierten Fotodetektor reflektiert. Dabei sind der lichtdurchlässige Träger für das erste Gitter mit dem Halbleitermaterial, in dem der strukturierte Fotodetektor realisiert ist, miteinander derart verbunden, dass Abtastgitter und Fotodetektor ausschliesslich in Messrichtung zueinander versetzt sind, vom Massstab aber die gleiche Entfernung aufweisen. In einer zweiten Ausführungsform der DE 197 01 941 A1 ist das Abtastgitter auf der dem Massstab abgewandten Seite des lichtdurchlässigen Trägers angeordnet. Auf der gleichen Seite wie das Abtastgitter ist ein Optochip auf dem gleichen lichtdurchlässigen Träger angeordnet, welches den Fotodetektor beinhaltet. Auch durch diese Anordnungen wird erreicht, dass Abtastgitter und strukturierter Fotodetektor ungefähr den gleichen Abstand vom Massstab aufweisen.

Bei der ersten Ausführungsform besteht der Nachteil, dass der lichtdurchlässige Träger, auf dem das Abtastgitter aufgebracht ist, mit dem Halbleitermaterial, in dem der strukturierte Fotodetektor realisiert ist, verbunden werden muss. Diese Verbindung muss sehr genau erfolgen, so dass die Struktur des Fotodetektors parallel zum Gitter ausgerichtet ist und Struktur und Gitter den gleichen Abstand vom Massstab aufweisen. Diese exakte Verbindung zwischen Träger und Halbleitermaterial ist daher sehr schwierig zu

realisieren. Weiterhin weist die zweite Ausführungsform den Nachteil auf, dass ein Optochip auf dem lichtdurchlässigen Träger befestigt werden muss. Durch die Befestigung in Chip-on-Glass Technologie entsteht zwangsläufig ein Abstand zwischen dem Optochip und dem Träger, wodurch der Abstand zwischen Abtastgitter und Massstab sowie zwischen Fotodetektor und Massstab wesentlich voneinander abweichen, was zu einer deutlichen Verschlechterung der optischen Eigenschaften der Anordnung führt.

Aus der DE 40 91 517 T1 ist bekannt, einen Abtastkopf für ein Messsystem aus einem einzigen Block aus Halbleitermaterial zu realisieren. Dabei sind auf der Oberfläche einer flächig ausgestalteten Leuchtdiode als Gitterlinien ausgestaltete Fotoelemente vorgesehen, durch welche die Leuchtdiode nicht hindurchstrahlen kann. Dadurch entsteht ein strukturierter Fotodetektor, über bzw. unter dem eine strukturierte Lichtquelle angeordnet ist. Dadurch werden die Strukturierung der Lichtquelle und die strukturierten Fotoelemente in den gleichen Abstand zum Massstab gebracht.

Dieser Abtastkopf weist aber den Nachteil auf, dass die Fotodetektorstruktur direkt von der Lichtquelle divergent bestrahlt wird und dadurch ein hoher Untergrundsignalpegel an den Photoelementen entsteht. Dies ist sogar dann erforderlich, wenn die Fotoelemente rückseitig durch eine Metallschicht geschützt werden, da die Kanten der Fotoelemente weiterhin empfindlich sind. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Fotoelemente als dünne Schichten auf ein Trägersubstrat aufgebracht werden müssen, da dies ein sehr aufwendiges Verfahren ist und zu keinen qualitativ hochwertigen Fotoelementen führt.

Aus der PCT/EP 98-04658 der Anmelderin ist eine Messeinrichtung bekannt, die neben periodischen Inkrementalsignalen auch mindestens ein Referenzimpulssignal bei einer definierten Referenzposition eines Massstabs und einer relativ dazu beweglichen Abtasteinheit liefert. Auf dem Massstab ist mindestens ein Referenzmarkenfeld in eine Inkrementalteilerung integriert angeordnet und die Abtasteinheit umfasst eine Detektoranordnung, die in Messrichtung mindestens drei benachbart angeordnete, aktive Detektorbereiche aufweist. Zwei der Detektorbereiche werden als Referenzimpulssignal-Detektoren benutzt und erzeugen ein Referenzimpulssignal, wobei die Relativanordnung der Referenzimpulssignal-Detektoren in Messrichtung in Abhängigkeit von der Strukturierung des Referenzmarkenfeldes auf dem Massstab erfolgt. Ein zwischen den Referenzimpulssignal-Detektoren angeordneter Detektor dient zur Erzeugung mindestens eines Inkrementalsignals. Weiterhin sind verschiedene Massnahmen zur Filterung des Inkrementalsignalsanteils aus dem Referenzimpulssignal vorgesehen.

Aus der DE 197 20 300 A1 ist ein elektronisches Hybridbauelement bekannt, bei dem in Chip an Chip Anordnung ein implantiertes Chip auf einem Trägersubstrat angeordnet wird. Dafür weist das Trägersubstrat mindestens eine Kavität auf, in der sich eine elektrische Isolationsschicht mit einer darüber liegenden Metallschicht befindet. Der in die Kavität implantierte Chip wird mit der Metallschicht kontaktiert, wodurch diese als elektrische Leitung verwendet wird. Ist der implantierte Chip eine Leuchtdiode, kann die Metalisierungsschicht auch dazu benutzt werden, deren Strahlung an den Wänden der Kavität zu reflektieren.

Diese Anordnung weist den Nachteil auf, dass sowohl die Strahlungsrichtung der Leuchtdiode als auch deren elektrischen Kontakte auf einer Seite des Halbleitersubstrats angeordnet sind bzw. auf dieser einen Seite emittiert werden.

Aus der EP 543 513 A1 ist bekannt, dass auf einem gemeinsamen Halbleitersubstrat aus III/IV-Halbleitermaterial, wie beispielsweise Gallium-Arsenid Ga-As, sowohl ein strukturierter Fotodetektor als auch eine strukturierte Licht-

quelle in Form von mindestens einer Leuchtdiode eines Abtastkopfes realisiert werden. Durch diese Realisierung der strukturierten Lichtquelle und des strukturierten Fotodetektors auf einem gemeinsamen Halbleitermaterial kann die Forderung, dass die Sende- und Empfangsstrukturierung möglichst in einer Ebene zu realisieren ist, sehr gut erfüllt werden. Weiterhin erfolgt eine Einfeldabtastung, bei der die Fotoelemente um  $\alpha + k \cdot 360^\circ$ , mit ganzzahligem  $k$  und  $\alpha$  bevorzugt  $90^\circ$ ,  $270^\circ$ ,  $120^\circ$  oder  $240^\circ$ , versetzt sind. Es werden also mehrere Fotoelemente um neunzig Winkelgrad plus ganzzahlige Vielfache von dreihundertsechzig Winkelgrad in Messrichtung zueinander versetzt angeordnet. Dadurch wird die Abtastung besonders störungsempfindlich.

Dabei ist von Nachteil, dass nicht beschrieben wird, wie die Herstellung des strukturierten Fotodetektors und der strukturierten Lichtquelle auf einem gemeinsamen Halbleitermaterial aus Ga-As erfolgt. Werden aus dem Stand der Technik bekannte Technologien der Halbleiterherstellung angewandt, so ist dieser Herstellungsprozess sehr aufwendig und damit teuer, da dicke Epitaxieschichten mit unterschiedlichem Aluminiumgehalt nebeneinander, d. h. strukturiert auf das Halbleitersubstrat aufgebracht werden müssen. Nur dadurch kann die Emissionswellenlänge der Leuchtdiode gegenüber der Absorptionskante der Fotoelemente so verschoben werden, daß nennenswerte Signalströme erzeugt werden können.

Es stellt sich daher die Aufgabe, einen Abtastkopf und ein Verfahren zu dessen Herstellung anzugeben, bei dem am Abtastkopf vorgesehene Sende- und Empfangsgitter bzw. strukturierte Sende- und Empfangsbaugruppen möglichst einen identischen Abstand vom Massstab aufweisen und das Sendegitter möglichst mittig zu den Empfangsgittern angeordnet werden kann. Zudem soll eine Einfeldabtastung realisiert werden. Dabei soll das Herstellungsverfahren für den Abtastkopf möglichst kostengünstig sein.

Diese Aufgabe wird durch eine Anordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 18 gelöst.

Vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemässen Anordnung und des erfindungsgemässen Verfahrens ergeben sich aus den Merkmalen der jeweils abhängigen Ansprüche.

Die erfindungsgemässe Anordnung weist den Vorteil auf, dass die Strukturierung bzw. das Empfangsgitter für den Fotodetektor ebenso wie die Strukturierung bzw. das Sendegitter für die Lichtquelle zumindest im wesentlichen den gleichen Abstand von dem abzutastenden Massstab aufweisen. Dadurch können optimale optische Eigenschaften des Abtastkopfes sichergestellt werden. Weiterhin von Vorteil ist, dass die Strukturierungen bzw. Gitter in Verfahrensschritten erzeugt werden, die aus der Halbleitertechnik sehr gut bekannt sind. Dadurch können diese mit sehr grosser Genauigkeit und sehr kostengünstig mit nur wenig Ausschuss durchgeführt werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Fotodetektoren und die als Lichtquelle benutzte Leuchtdiode aus unterschiedlichen Halbleitermaterialien hergestellt werden können.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind den jeweils abhängigen Ansprüchen und der Beschreibung zu entnehmen.

Einzelheiten der Erfindung werden im folgenden anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 eine dreidimensionale Ansicht des erfindungsgemässen Abtastkopfes mit Massstab,

Fig. 2 einen Längsschnitt A-A' durch den erfindungsgemässen Abtastkopf aus Fig. 1 gemäss einer ersten Realisierung,

Fig. 3 eine zweite mögliche erfindungsgemässe Realisierung des Abtastkopfes aus Fig. 1,

Fig. 4 eine dritte mögliche erfindungsgemässe Realisierung des Abtastkopfes aus Fig. 1,

Fig. 5 eine vierte mögliche erfindungsgemässe Realisierung des Abtastkopfes aus Fig. 1,

Fig. 6 eine fünfte mögliche erfindungsgemässe Realisierung des Abtastkopfes aus Fig. 1,

Fig. 7 eine sechste mögliche erfindungsgemässe Realisierung des Abtastkopfes aus Fig. 1,

Fig. 8 eine siebte mögliche erfindungsgemässe Realisierung des Abtastkopfes aus Fig. 1,

Fig. 9 eine achte mögliche erfindungsgemässe Realisierung des Abtastkopfes aus Fig. 1.

Der erfindungsgemässe Abtastkopf wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen erläutert, die ein Längenmesssystem beinhalten. Es besteht jedoch die Möglichkeit, ohne wesentliche Änderungen, den erfindungsgemässen Abtastkopf auch bei einem Winkelmesssystem oder einem zweidimensionalen Messsystem einzusetzen.

In Fig. 1 ist der prinzipielle Aufbau des erfindungsgemässen Abtastkopfes 101 mit zugehörigem Massstab 110 dreidimensional dargestellt. Der Abtastkopf 101 weist Fotodetektoren 102 auf, durch die eine Einfeldabtastung der Teilung 111 des Massstabs 110 ermöglicht wird. Hierfür werden die Fotodetektoren 102 um  $\pi/2$  zuzüglich ganzzahlige Vielfache von  $2\pi$  in Messrichtung zueinander versetzt auf dem Abtastkopf angeordnet und die Anzahl der Fotodetektoren 102 wird in jeder Reihe als ein ganzzahliges Vielfaches von vier gewählt. Dadurch wird sichergestellt, dass eine gesamte Periode des Empfangssignals detektiert wird. Die Fotodetektoren 102 sind auf dem Abtastkopf in einer oberen und einer unteren Reihe angeordnet, deren Ausgangssignale ebenfalls derart miteinander verknüpft werden, dass Schwankungen in deren Ausgangssignalen, beispielsweise wegen einer Verkipfung des Abtastkopfes, kompensiert werden.

Die Fotodetektoren 102 weisen eine in Fig. 1 nicht dargestellte Struktur auf, die durch ein über den Fotodetektoren 102 angeordnetes Gitter realisiert wird, falls ein einzelner Fotodetektor 102 durch einen einzigen PN-Übergang, oder durch eine Strukturierung der Fotodetektoren 102 selbst realisiert wird, wenn mehrere PN-Übergänge zu einem Fotodetektor 102 zusammengeschaltet werden.

Im Zentrum der Fotodetektoren 102 ist das Halbleitersubstrat vollständig entfernt, was mittels anisotropen Ätzverfahren oder Ultraschallbohren möglich ist. An dieser Stelle ist eine Lichtquelle, bevorzugt realisiert durch eine Leuchtdiode 104, vorgesehen. Diese Leuchtdiode 104 wird bevorzugt rückseitig kontaktiert. Über der Leuchtdiode 104 auf Höhe der Oberfläche des Fotodetektoren 102 ist ein Sendegitter 105 angeordnet, so dass durch die Lichtquelle 104 und das Gitter 105 eine strukturierte Lichtquelle realisiert wird. Am Rand des Abtastkopfes 101 sind Kontakte 103 vorgesehen, über die die Fotodetektoren 102 und eventuell auch die Lichtquelle 104 kontaktiert werden können. Da die Leuchtdiode 104 nicht im gleichen Halbleitersubstrat wie die Fotodetektoren 102 realisiert wird, besteht die Möglichkeit, ein anderes Halbleitermaterial für die Leuchtdiode 104 zu verwenden.

In Fig. 2 ist ein Schnitt durch eine Ausführungsform eines erfindungsgemässen Abtastkopfes 101 entlang der Linie A-A' aus Fig. 1 dargestellt. Auf einer Grundplatte, die eine Platine 9 einer elektrischen Schaltung sein kann, ist der Abtastkopf angeordnet. Auf diese Platine 9 ist eine Lichtquelle in Form einer Leuchtdiode 1 aufgelötet, der über die Platine 9 ihre Versorgungsspannung zugeleitet wird. Die Leuchtdiode 1 ist als separate Schaltung realisiert, so dass deren Halbleitermaterial nicht mit dem des Abtastkopfes übereinstimmen

muss. Die Leuchtdiode 1 kann in Flip-Chip Technologie Kontakte zur Platine 9 aufweisen. Alternativ kann die Leuchtdiode 1 auch über eine Bondverbindung mit der Platine verbunden sein. Auf der Platine 9 befindet sich weiterhin das Halbleitersubstrat 2, für das vorzugsweise Silizium verwendet wird. An der Stelle, an der die Leuchtdiode 1 vorgesehen ist, wurde das Halbleitersubstrat vollständig durchgeätzt, so dass die Leuchtdiode 1 hindurchstrahlen kann. Die Seitenwände dieses Sacklochs sind dabei leicht geneigt, wodurch sie wie ein Lichtleiter wirken. Dadurch kann die Lichtstrahlung der Leuchtdiode 1 auf das Sendegitter fokussiert werden.

Auf der dem Massstab 8 zugewandten Seite des Halbleitersubstrats 2 sind mehrere Fotodioden 3 vorgesehen, die senkrecht zur Messrichtung eine längliche Form aufweisen. Durch die derart ausgeformten Fotodioden 3 wird die Strukturierung der zu meistens mehreren Fotodetektoren verschalteten Fotodioden 3 erreicht. Der Abstand zwischen zwei Fotodioden 3 eines Fotodetektors muss dabei der Gitterkonstante des ansonsten erforderlichen Empfangsgitters entsprechen, das nunmehr aufgrund der Strukturierung der Fotodioden 3 eingespart werden kann. Mehrere Fotodioden 3 werden zu einem Fotodetektor verschaltet; die Fotodetektoren weisen, wie bereits erläutert, einen Abstand von  $\pi/2$  zuzüglich ganzzahlige Vielfache von  $2\pi$  bezüglich der Periode der Empfangsstruktur auf und sind damit fingerartig miteinander verschaltet, wodurch eine besonders vorteilhafte Einfeldabtastung ermöglicht wird. Durch diese Verschaltung der Fotodetektoren wird eine Einfeldabtastung des Massstabs 8 erreicht, wobei auch mit anderen Abständen als  $\pi/2$  eine Einfeldabtastung realisierbar ist. Die Fotodioden 3 weisen einen bestimmten Abstand von der Sacklochs auf, durch die das Licht der Leuchtdiode 1 strahlt, damit das in diesem Bereich auf das Halbleitersubstrat treffende Licht der Leuchtdiode 1 nicht zu einem Strom in den Fotodioden 3 führen kann.

Auf der dem Massstab 8 zugewandten Seite des Halbleitersubstrats ist eine Oxidschicht 5 aus für Licht transparentem Siliziumdioxid vorgesehen. Über dieser ist eine Metallisierungsschicht 6 angeordnet, die im Bereich der Sacklochs des Halbleitersubstrats 2 das Sendegitter 4 beinhaltet. An diesem Sendegitter 6 erfolgt eine Strukturierung des durch die Leuchtdiode 1 abgestrahlten Lichts, welches durch die optische Öffnung des Sacklochs hindurchgetreten ist. Über der Metallisierungsschicht 6 ist eine Passivierungsschicht 7 vorgesehen. Sämtliche Schichten 5 und 7 sind für die von der Leuchtdiode 1 ausgestrahlte Strahlung transparent.

Die Metallisierungsschicht 6 kann auch dazu benutzt werden die Fotodetektoren zu kontaktieren und um ein Sendegitter und/oder ein Empfangsgitter zu realisieren, falls die Strukturierung der Fotodioden nicht fein genug realisiert werden kann. Die Metallisierungsschicht 6 ist dabei lichtundurchlässig.

Das am Sendegitter 4 strukturierte Licht trifft anschließend auf den Massstab 8, von dessen Teilung es teilweise zu den Fotodioden 3 hin reflektiert wird. Am Ort der Fotodetektoren entsteht durch die Wechselwirkung zwischen Lichtbündel, dem Sendegitter und dem Massstab ein Streifenbild, das bei einer relativen Verschiebung zwischen Abtastkopf und Massstab 8 tritt aufgrund der Reflexion am Massstab 8 an den Fotodioden 3 eine sinusförmig wechselnde Lichtintensität auf, die zu einem sinusförmig wechselnden Fotostrom führt. Dieser wird von den Fotodioden 3 einer Auswerteschaltung zugeleitet, die daraus den Wert der Verschiebung ermittelt.

Das bei der vorliegenden Erfindung angewandte Abtastverfahren ist aus dem Stand der Technik bereits prinzipiell

bekannt. Es existieren zwei Möglichkeiten, die als geometrisches Bild und als Beugungsbild bezeichnet werden. Der optische Aufbau zu diesen Bildern unterscheidet sich im wesentlichen durch die Wahl des Massstabgitters: Im geometrischen Bild wird das Massstabgitter als Amplitudengitter ausgeführt, dessen Gitterkonstante doppelt so gross wie die des Sendegitters ist. Alternativ kann das Amplitudengitter auch durch ein Phasengitter mit  $90^\circ$  Phasenhub bei unveränderter Gitterkonstante ersetzt werden. Im Beugungsbild wird das Massstabgitter vorteilhafterweise als Phasengitter mit  $180^\circ$  Phasenhub ausgeführt, dessen Gitterkonstante mit der des Sendegitters übereinstimmt. Sowohl im geometrischen Bild als auch im Beugungsbild sind die Gitterkonstanten von Sendegitter und Empfangsgitter identisch. Für alle Abtastvarianten ergeben sich typische Abhängigkeiten der Signalmodulation vom Abtastabstand, wie sie im Stand der Technik beschrieben sind. Dementsprechend ist ein günstiger Abtastabstand zu wählen.

Grundsätzlich können bei allen, oben erwähnten Varianten die Abstände zwischen Sendegitter und Massstab und zwischen Massstab und Empfangsgitter unterschiedlich gewählt werden. Die Abstandstoleranzen im Falle eines Auflichtgebers sind aber wesentlich grösser bei gleichen Abständen, d. h. wenn das Sendegitter und Empfangsgitter vom Massstab gleich beabstandet sind. Diese Anforderung ist um so stärker, je grösser die wirksamen Flächen des Sendegitters und Empfangsgitters sind. In der Praxis bedeutet dies, dass beide Flächen innerhalb von  $\pm 20 \mu\text{m}$ , idealerweise aber innerhalb von  $\pm 5 \mu\text{m}$  fluchten müssen.

Das Licht das auf die strukturierten Photoelemente fällt, wird innerhalb einer gewissen Eindringtiefe, die von der Wellenlänge abhängt absorbiert. Typische Werte sind  $5 \mu\text{m}$  bis  $40 \mu\text{m}$ . Dies bedeutet, dass bei einem strukturierten Photodetektor der effektive Abstand zum Massstab um typisch  $2 \mu\text{m}$ – $20 \mu\text{m}$  grösser ist, als der Abstand seiner Oberfläche zum Massstab. Dies kann durch eine gegenüber dem Sendegitter leicht vergrösserte Gitterkonstante des Empfangsgitters berücksichtigt werden, wie es die oben zitierten Gesetzmässigkeiten beschreiben. In diesem Fall ist mit einer eingeschränkten Abstandstoleranz des Gebers zu rechnen. Günstiger ist es jedoch, über dem strukturierten Photodetektor gleichzeitig ein Empfangsgitter anzubringen, dessen Spaltöffnungen etwas kleiner sind, als die Breiten der darunterliegenden Einzelphotodioden. Auf diese Weise wird die wirksame Abtastebene exakt in die Ebene des Empfangsgitters gelegt, welcher wiederum exakt mit dem Sendegitter fluchtet. Da die divergenten Lichtbündel an den grösseren Teilen des Empfangsgitters bereits erhebliche Neigungswinkel aufweisen, sollten die Einzeldioden unter den Spaltöffnungen etwas gegenüber den nach aussen verschoben werden. Dies entspricht einer geringfügig grösseren Periode der strukturierten Fotodiode im Vergleich zum Empfangsgitter.

In Fig. 3 ist eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemässen Detektors dargestellt. Sollte die für das Empfangsgitter erforderliche Gitterkonstante aufgrund der geforderten Abmessungen nicht durch separate Fotodioden realisierbar sein, kann auch ein zusätzliches Empfangsgitter 14.2 vorgesehen werden. Wie in Fig. 2 ist auch in Fig. 3 auf einer Grundplatte 19 ein Halbleitersubstrat angeordnet. Dieses weist eine Sackloch auf, in der eine Leuchtdiode 11 als Lichtquelle angeordnet ist. Auf der dem Massstab 18 zugewandten Seite des Halbleitersubstrats sind Fotodioden 13 angeordnet, deren Breite aber grösser ist als die Gitterkonstante des erforderlichen Empfangsgitters. Daher ist in der Metallisierungsschicht 16, die sich wieder über der transparenten Passivierungsschicht 15 befindet, nicht nur ein Sendegitter 14.1, sondern für die Fotodioden 13 ein Empfangsgitter vorgesehen. Über der Metallisierungsschicht 16 ist

wieder eine transparente Passivierungsschicht 17 angeordnet. Bei dieser Ausführungsform wird ein Fotodetektor vorteilhaft durch einen PN-Übergang realisiert. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass mehrere PN-Übergänge zu einem Fotodetektor verschaltet werden. Das Empfangsgitter 14.2 ist dann für jeden Fotodetektor um  $\pi/2$  in Messrichtung versetzt anzuordnen.

Das durch die Leuchtdiode 11 abgestrahlte Licht wird zunächst, wie in Fig. 2, am Sendegitter 14.1 strukturiert und fällt auf den Massstab 18, von dessen Teilung es teilweise zum Empfangsgitter 14.2 hin reflektiert wird. Der in der Ebene des Empfangsgitters 14.2 entstehende Intensitätsverlauf des Lichts wird durch die Struktur des Empfangsgitters abgetastet, so daß bei einer Relativbewegung zwischen Massstab 18 und Abtastkopf die Intensität und damit der Fotostrom schwankt, abhängig von der Relativverschiebung, die durch eine Auswertung des Stroms ermittelt werden kann.

In Fig. 4 ist eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemässen Abtastkopfes dargestellt. Im Unterschied zu Fig. 2 weist dieses Ausführungsbeispiel auf der Leuchtdiode 21 eine zusätzliche optische Baugruppe 21.1 auf. Diese fokussiert das durch die Leuchtdiode 21 abgestrahlte Licht in Richtung des Sendegitters 24. Weiterhin ist eine Beschichtung 22.1 der Seitenwände des Sacklochs vorgesehen, welche Licht reflektieren soll. Durch diese Massnahmen wird verhindert, dass Licht, welches von der Leuchtdiode 21 nicht unmittelbar in Richtung des Sendegitters 24 abgestrahlt wurde, im Halbleitermaterial 22 Elektron-Lochpaare und dadurch einen Strom verursacht, der den Strom der Fotodioden 23 überlagert. Dadurch kann das Nutz- zu Störsignalverhältnis des Abtastkopfes verbessert werden.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, ein niederohmiges Halbleitermaterial 22 zu wählen, so dass die Rekombinationszeiten der durch das Licht der Leuchtdiode 21 erzeugten Elektron-Lochpaare so kurz ist, dass keine nennenswerte Anzahl zu den Fotodioden 23 diffundieren und dort einen fehlerhaften Strom verursachen können.

Eine weitere Massnahme, um durch die Leuchtdiode 31 verursachte Störströme zu verhindern, ist in Fig. 5 dargestellt. Auf einer Grundplatte 39 ist das Halbleitersubstrat 32 angeordnet. Dieses weist ein Sackloch bis auf die Oxidschicht 35 auf. Auf der dem Massstab 38 zugewandten Seite des Halbleitersubstrats sind wieder Fotodioden 33 vorgesehen. Die Leuchtdiode 31 ist nunmehr mittels eines weichen, optisch transparenten Klebers, der das von der Leuchtdiode 31 ausgestrahlte Licht nicht streut sondern bündelt, auf die Oxidschicht 35 geklebt und über elektrische Leitungen mit der Grundplatte 39 verbunden. In den nach der Klebung vom Kleber 32.1 nicht ausgefüllten Raum des Sacklochs wird ein opaker Füllstoff 32.2 eingebracht, der eine optische Isolation zwischen Leuchtdiode 31 und dem Halbleitersubstrat 32 bewirkt. Lediglich das vom Sendegitter 34 strukturierte und durch die Teilung des Massstabs 38 teilweise reflektierte Licht der Leuchtdiode 31 gelangt zu den Fotodioden 33 des Halbleitersubstrats. Die Schichten 35, 36 und 37 sind wieder transparent, sofern kein Sendegitter 34 im optischen Weg angeordnet ist. Auch bei dieser Anordnung wird sichergestellt, dass nur sehr wenig Licht von der Leuchtdiode 31 direkt in das Halbleitersubstrat 32 abgestrahlt wird und zu Störströmen führt.

Alternativ zu den Leitungen zwischen Leuchtdiode 31 und Platine 9 besteht die Möglichkeit, die Oxidschicht 35 zwischen Leuchtdiode 31 und Sendegitter 34 zu entfernen und mittels leitendem Kleber 32.1 die Kontakte der Leuchtdiode 31 für die Versorgungsspannung an dem Sendegitter 34 aus leitenden Material oder an einer Kontaktstelle der

Metallisierungsschicht 36 zu befestigen. Das Sendegitter 34 bzw. die Kontaktstellen mit deren Zuleitungen werden dann dazu benutzt, der Leuchtdiode 31 die Versorgungsspannung zuzuleiten und weist daher ausserhalb seines optisch relevanten Bereichs Zuleitungen auf.

Eine bezüglich der mechanischen Stabilität verbesserte Ausführungsbeispiel ist in Fig. 6 dargestellt. Für eine optimale optische Qualität des Abtastkopfes ist ein möglichst identischer Abstand von Sendegitter 44 und den strukturierten Empfängerdiode 43 jeweils zum Massstab 48 anzustreben. Dafür muss die Oxidschicht 45 sehr dünn ausgeführt werden. Mit Werten von ca. 1–3  $\mu\text{m}$  Dicke der Oxidschicht 45 ist dies durchaus möglich. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass dadurch die mechanische Stabilität der Oxidschicht 45 und die Fähigkeit zusätzlich das Sendegitter 44 zu tragen, welches bevorzugt aus Aluminiumstegen besteht, die bei Halbleitern als elektrische Leiter verwendet werden, abnimmt.

Um die mechanische Stabilität zu erhöhen, ohne die Oxid- oder Passivierungsschicht 45 und 47 wesentlich dicker zu machen, sind nunmehr Stege 42.1 aus Halbleitermaterial vorgesehen, die beim Durchätzen stehen bleiben. Diese Stege 42.1 sind zwischen dem Sendegitter 44 und der Leuchtdiode 41 derart angeordnet, dass diese die optischen Eigenschaften der Anordnung möglichst nicht verändern. Die Lage, Breite und Orientierung der Stege 42.1 werden so gewählt, dass deren optische Wirkung auf die Abtastsignale, abgesehen von einer unvermeidlichen Signalreduktion, minimal bleibt.

Die Maskierung, die für die Ausbildung der Stege 42.1 notwendig ist, kann vorteilhaft bereits in der Maskierung für die rückseitige Sacklochätzung enthalten sein, so daß keine zusätzlichen Lithographieschritte erforderlich sind.

In einer vorteilhaften Weiterbildung gemäss Fig. 7 der bereits beschriebenen Ausführungsformen erfolgt keine vollständige Sackloch des Halbleitersubstrats 52, um einen Weg für das von der Leuchtdiode 51 abgestrahlte Licht zu schaffen, sondern es werden auf der dem Massstab 58 zugewandten Seite des Halbleitersubstrats 52 Stege 52.1 belassen, durch die das Sendegitter realisiert wird. Dadurch erübrigt es sich, zusätzlich zu einer ersten Oxidschicht 55 eine weitere Metallisierungsschicht für das Sendegitter und eine weitere Passivierungsschicht wie in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen vorzusehen. Die Stege 52.1 sind dabei im Abstand der für das Sendegitter gewünschten Gitterkonstanten vom Ätzprozess auszunehmen. Neben dem derart erzeugten Sendegitter werden wieder die strukturierten Fotodioden 53 mit dem für das Empfangsgitter gewünschten Abstand angeordnet und zu Fotodetektoren verschaltet.

Die auf der Grundplatte 59 angeordnete Leuchtdiode 51 strahlt in Richtung der bei der Sackloch verbliebenen Stege 52.1, die als Sendegitter wirken und das Licht strukturieren. Das strukturierte Licht wird an der Teilung des Massstabs 58 teilweise reflektiert und trifft auf die strukturierten Fotodioden 53, wo entsprechend einer Relativbewegung zwischen Massstab 58 und Abtastkopf ein pulsierender Strom verursacht wird.

Diese Realisierung weist insbesondere den Vorteil auf, dass die strukturierten Fotodioden 53 und die beim Durchätzen verbliebenen Stege 52.1 exakt den gleichen Abstand zum Massstab 58 aufweisen, was eine optimale optische Qualität der Anordnung ermöglicht.

In einer weiteren Ausgestaltung wird die Leuchtdiode 61 nicht unmittelbar in der Sackloch durch das Halbleitersubstrat 62 positioniert, sondern in einer speziellen Kavität 69.1. Dies kann durch eine entsprechende Gestaltung der Grundplatte 69 realisiert werden. Gegebenenfalls ist auch eine Ausfräsung aus der Grundplatte bereits ausreichend,

um die Leuchtdiode 61 zu positionieren. Dadurch kann als Leuchtdiode 61 ein herkömmliches SMD-Bauteil benutzt werden. Vorteilhaft werden, wie bereits beschrieben, die Flächen, an die keine Strahlung der Leuchtdiode 61 gelangen soll, entsprechend beschichtet. Erfolgt diese Beschichtung 69.2 mit reflektierendem Material, kann dadurch nicht nur verhindert werden, dass Störströme entstehen, sondern zusätzlich die zum Sendegitter 64 hin abgestrahlte Lichtleistung der Leuchtdiode 61 erhöht werden.

In Fig. 9 ist eine Ausgestaltung des erfindungsgemässen Abtastkopfes dargestellt, die weitere Baugruppen, insbesondere zur Verarbeitung der Ausgangssignale der Fotodioden 73, aufweist. Wie in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen weist ein Halbleitersubstrat 72.1 ein Sackloch auf, in das eine Leuchtdiode 71 plaziert wurde. Auf der dem Massstab 78 zugewandten Seite des Halbleitersubstrats 72.1 sind strukturierte Fotodioden 73 mit einem der Empfangsgitterkonstanten entsprechenden Abstand voneinander in das Halbleitersubstrat 72.1 integriert. Über die dem Massstab 78 zugewandte Seite des Halbleitersubstrats 72.1 ist eine für die Strahlung der Leuchtdiode 71 transparente Oxidschicht 75.1 gelegt. Über dieser Oxidschicht 75.1 ist eine Metallisierungsschicht 75.2 vorgesehen, die ein Sendegitter 74 beinhaltet, durch das die Strahlung der Leuchtdiode 71 hindurchtritt und dabei strukturiert wird. Danach folgt eine transparente Passivierungsschicht 75.3, durch die die Strahlung ebenfalls hindurchtritt.

Um die weiteren Baugruppen auf dem unmittelbar angrenzenden Halbleitersubstrat 72.2 vor der durch den Massstab 78 reflektierten Strahlung der Leuchtdiode 71 zu schützen und um die mechanische Stabilität des Sendegitters 74 zu erhöhen, ist zwischen Halbleitersubstrat 72.1, 72.2 und Massstab 78 eine flächige Baugruppe vorgesehen, die im Bereich des Sendegitters 74 und der Fotodioden 73 transparent, in den anderen Bereichen aber lichtundurchlässig beschichtet ist. Diese Baugruppe ist bevorzugt eine Glasplatte 76.1, die auf der dem Abtastkopf zugewandten Seite eine Beschichtung 76.2 aus Chrom trägt. Weiterhin kann die Glasplatte 76.1 eine Struktur aufweisen, so daß ein Vier-Gitter-Geber realisiert wird. Dadurch wird verhindert, dass Streulicht, das nicht nur vom Massstab 78 reflektiertes Licht, sondern auch Umgebungslicht sein kann, auf die Baugruppen auf dem angrenzenden Halbleitersubstrat 72.2 einwirkt. Zusätzlich kann diese zusätzliche Baugruppe 76.1, 76.2 dazu benutzt werden, den Abtastkopf zu kontaktieren. Dafür sind auf der Glasplatte zusätzlich zu der lichtundurchlässigen Beschichtung 76.2 Leiterbahnen vorgesehen, um die in Fig. 1 dargestellten Kontakte 103 per Flip-Chip Montage zu kontaktieren. Die lichtundurchlässige Beschichtung 76.2 und die Leiterbahnen auf der Glasplatte 76.1 sind dabei bevorzugt aus dem selben Material. Die zusätzliche Baugruppe kann optional über einen transparenten, nicht aushärtenden Kleber verbunden werden.

Im folgenden sollen die wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung des erfindungsgemässen Abtastkopfes beschrieben werden. Da als Grundmaterial Halbleitermaterial, bevorzugt Silizium, verwendet wird, sind die Verfahrensschritte zumindest ähnlich denen, die bei der Herstellung von integrierten Schaltungen angewendet werden.

In einem ersten Schritt wird davon ausgegangen, dass Halbleitermaterial in der für die Herstellung von integrierten Schaltungen erforderlichen Qualität, insbesondere bezüglich Reinheit, Oberflächengüte usw., vorliegt.

Anschliessend werden die PN-Übergänge der Fotodioden 3 aus Fig. 2 in das Halbleitermaterial 2 eindiffundiert, so dass die Fotodioden 3 und aufgrund deren Anordnung die strukturierten Fotodetektoren 102 gemäss Fig. 1 entstehen. Die Breite und der Abstand zwischen den Fotodioden 3 aus

Fig. 2 wird dabei entsprechend der für das Empfangsgitter gewünschten Gitterkonstanten gewählt.

Im dritten Schritt wird eine Oxidschicht 5 aus  $\text{SiO}_2$  mit einer Dicke von ca. 1–3  $\mu\text{m}$  auf der Seite des Halbleitersubstrats 2 erzeugt, auf der sich die Fotodioden 3 befinden.

Anschliessend wird im vierten Schritt eine Metallisierungsschicht auf die Oxidschicht aufgebracht. Diese Metallisierungsschicht wird in aus der Halbleiterherstellung bekannten fotochemischen Prozessen derart bearbeitet, dass das Sendegitter 4 mit der gewünschten Gitterkonstanten entsteht.

Schliesslich wird in Schritt S noch eine Passivierungsschicht 7 mit einer Dicke von ca. 0,5–3  $\mu\text{m}$  aufgebracht, die die Oberfläche schützt und insbesondere dem Sendegitter 4 zusätzliche mechanische Stabilität verleiht. Diese Passivierungsschicht 7 besteht bevorzugt aus Siliziumnitrid,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ .

Nachdem die dem Massstab 8 zugewandte Seite des Halbleitersubstrats 2 derart bearbeitet wurde, wird nunmehr auf der Rückseite der Halbleiter im Bereich des Sendegitters 4 anisotrop geätzt, so dass im Bereich des Sendegitters 4 kein Halbleitersubstrat 2 verbleibt. Es können auch andere Ätzverfahren wie isotropes Nassätzen oder Trockenätzen verwendet werden.

Im siebten und letzten Schritt wird der Halbleiter auf der Grundplatte 9 befestigt, auf der bereits die Leuchtdiode 1 angeordnet ist.

Bei den Ausführungsbeispielen gemäss Fig. 3 und 7 ergeben sich zwangsläufig geringfügige Änderungen des Verfahrens. Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 wird gleichzeitig mit dem Sendegitter 14.1 das Empfangsgitter 14.2 hergestellt.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 7 entfallen die Bearbeitungsschritte 4 und 5. Der Bearbeitungsschritt 6 wird derart modifiziert, dass bei der anisotropen Ätzung im Bereich der dem Massstab 58 zugewandten Seite des Halbleitersubstrats 52 noch Stege 52.1 verbleiben, die einen Abstand gemäss der gewünschten Gitterkonstanten des Sendegitters aufweisen. Die noch folgenden Bearbeitungsschritte werden wie bereits beschrieben durchgeführt.

Um die mechanische Stabilität zu erhöhen können auf die Metallisierungsschicht oder auf die Passivierungsschicht noch zusätzliche, transparente Schichten mit grosser Dicke bis ca. 100  $\mu\text{m}$  aufgebracht werden. Als Materialien eignen sich dafür Siliziumdioxid, Bor-Phosphorsilikatglas oder Solgele.

Das Messsystem, bei dem der erfindungsgemässe Abtastkopf benutzt wird, kann sowohl ein eindimensionales Messsystem, wie Längen- und Winkelmesssysteme, als auch ein zweidimensionales Messsystem sein, wie ein Kreuzgittermesssystem, das als Massstab ein Kreuzlinien- oder Schachbrettgitter aufweist. Das dafür erforderliche Abtastsystem weist entweder zwei erfindungsgemässe, vorteilhaft orthogonal zueinander ausgerichtete Abtastköpfe auf. Alternativ können auch in einen Abtastkopf zwei Gruppen von Fotoelementen mit eindimensionaler Strukturierung integriert werden, deren Ausrichtung den Messrichtungen entsprechen oder die orthogonal zueinander stehen. Das Sendegitter wird dann als zweidimensionales Gitter, beispielsweise Kreuzlinien- oder Schachbrettgitter, ausgestaltet und ist dadurch nur einfach erforderlich.

Für den Fachmann ist es offensichtlich, dass die anhand unterschiedlicher Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale des erfindungsgemässen Abtastkopfes beliebig miteinander kombiniert werden können.

#### Patentansprüche

1. Abtastkopf zur Abtastung eines Massstabs, der eine



Teilung trägt, wobei der Abtastkopf aus einem Halbleitersubstrat (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72.1) besteht, das auf der dem Massstab (8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78) zugewandten Seite mehrere strukturierte Fotodetektoren (3, 13, 14.2, 23, 33, 43, 53, 63, 73) aufweist, das weiterhin ein Sackloch aufweist, das auf der dem Massstab (8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78) zugewandten Seite ein zu den strukturierten Fotodetektoren (3, 13, 14.2, 23, 33, 43, 53, 63, 73) symmetrisch ausgerichtetes Sendegitter (4, 14.1, 24, 34, 44, 52.1, 64, 74) und unter dem Sendegitter (4, 14.1, 24, 34, 44, 52.1, 64, 74) eine Lichtquelle (1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71) aufweist.

2. Abtastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71) divergent ist und durch eine Leuchtdiode realisiert wird.

3. Abtastkopf nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Leuchtdiode auf einer Grundplatte (9, 19, 29, 39, 49, 59, 69, 69.1, 79) angeordnet wird, die auf der dem Massstab (8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78) abgewandten Seite des Halbleitersubstrats (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72.1) vorgesehen ist und/oder dass die Leuchtdiode mittels eines Klebers (32.1), der die optischen Stahlen der Leuchtdiode zum Sendegitter (4, 14.1, 24, 34, 44, 52.1, 64, 74) leitet, mit dem Sendegitter (4, 14.1, 24, 34, 44, 52.1, 64, 74) verbunden wird und der verbleibende Raum des Sacklochs mittels einer opaken Füllmasse (32.2) im wesentlichen vollständig ausgefüllt wird.

4. Abtastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Sendegitter (4, 14.1, 24, 34, 44, 52.1, 64, 74) entweder aus beim Einbringen des Sacklochs stehengelassenen Stegen (52.1) des Halbleitersubstrats (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72.1) oder durch Metallstege einer zusätzlich aufgetragenen Metallisierungsschicht (6, 16, 26, 36, 46, 66, 75.2) realisiert wird.

5. Abtastkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei dem auf der dem Massstab (8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78) zugewandten Seite des Halbleitersubstrats (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72.1) mindestens eine für die Lichtquelle (1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71) zumindest teilweise transparente Schicht (5, 6, 7, 15, 16, 17, 25, 26, 27, 35, 36, 37, 45, 46, 47, 55, 65, 66, 67, 75.1, 75.2, 75.3, 76.1) vorgesehen ist.

6. Abtastkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleitersubstrat (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72.1) aus Silizium und die für die Lichtquelle (1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71) transparente Schicht (5, 6, 7, 15, 16, 17, 25, 26, 27, 35, 36, 37, 45, 46, 47, 55, 65, 66, 67, 75.1, 75.2, 75.3, 76.1) aus Siliziumdioxid besteht.

7. Abtastkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass über der Metallisierung und der Oxidschicht (5, 15, 25, 35, 45, 65, 75.1) eine Passivierungsschicht (7, 17, 27, 37, 47, 55, 67, 75.3) vorgesehen ist.

8. Abtastkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die strukturierten Fotodetektoren (3, 23, 33, 43, 53, 63, 73) durch Fotodioden realisiert werden, deren Breite und Abstand entsprechend der gewünschten Gitterkonstante für das Empfangsgitter ausgebildet sind.

9. Abtastkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die strukturierten Fotodetektoren (13, 14.2) durch Fotodioden (13) realisiert werden und über den Fotodioden (13) ein Empfangs-

gitter (14.2) angeordnet ist, das durch Metallstege der Metallisierungsschicht (16) realisiert wird.

10. Abtastkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Begrenzungsflächen des Halbleitersubstrats (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72.1) und/oder der Bereich der Grundplatte (9, 19, 29, 39, 49, 59, 69, 69.1, 79) im Bereich der Sackloch eine Beschichtung (22.1, 69.2) aufweisen, die undurchlässig ist für das von der Leuchtdiode emittierte Licht und/oder das von der Leuchtdiode emittierte Licht reflektieren.

11. Abtastkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Sackloch mehrere optisch opake Stege (42.1) erhalten bleiben, die eine Verbindung mit der Oxidschicht (5, 15, 25, 35, 45, 65, 75.1) aufweisen und einen im Vergleich zum Sendegitter (4, 14.1, 24, 34, 44, 52.1, 64, 74) grossen Abstand zueinander aufweisen.

12. Abtastkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leuchtdiode in einer Aussparung (69.1) in der Grundplatte (69) angeordnet ist.

13. Abtastkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf der dem Massstab (8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78) zugewandten Seite der Passivierungsschicht (7, 17, 27, 37, 47, 55, 67, 75.3) ein Träger (76.1) mit einer in Teilbereichen lichtundurchlässigen Beschichtung (76.2) angeordnet ist.

14. Abtastkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (76.1) aus Glas und die Beschichtung (76.2) aus einem leitenden Material besteht und dass die Beschichtung (76.2) zumindest teilweise als Leiterbahnen für Zu- und Ableitungen der elektrischen Signale des Abtastkopfes benutzt wird.

15. Abtastkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Fotodetektor (3, 13, 14.2, 23, 33, 43, 53, 63, 73) aus mindestens einer Fotodiode besteht und dass die Fotodetektoren (3, 13, 14.2, 23, 33, 43, 53, 63, 73) um eine viertel Periode des Empfangsgitters oder der Struktur der strukturierten Fotodetektoren (3, 13, 14.2, 23, 33, 43, 53, 63, 73) zueinander in Messrichtung versetzt angeordnet sind.

16. Abtastkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abtastkopf mehrere Reihen Fotodetektoren (3, 13, 14.2, 23, 33, 43, 53, 63, 73) aufweist, wobei die Anzahl Fotodetektoren (3, 13, 14.2, 23, 33, 43, 53, 63, 73) in jeder Reihe abhängig von der Verschiebung der Fotodetektoren (3, 13, 14.2, 23, 33, 43, 53, 63, 73) zueinander ist.

17. Messsystem, welches einen Abtastkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche beinhaltet.

18. Verfahren zur Herstellung eines Abtastkopfes nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem PN-Übergänge für Fotodioden in die zum Massstab (8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78) hin orientierte Fläche des Halbleitersubstrats (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72.1) eindiffundiert werden, anschliessend auf der gleichen Seite des Halbleitersubstrats (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72.1) eine Oxidschicht (5, 15, 25, 35, 45, 65, 75.1) auf der Oberfläche erzeugt wird, anschliessend wird von der vom Massstab (8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78) abgewandten Seite ausgehend in einem anisotropen Ätzverfahren das Halbleitersubstrat (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72.1) geätzt, wodurch das Halbleitersubstrat (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72.1) an dieser Stelle bis zur Oxidschicht (5, 15, 25, 35, 45, 65, 75.1) durchgeätzt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekenn-



zeichnet, dass über die Oxidschicht (5, 15, 25, 35, 45, 65, 75.1) eine Metallisierungsschicht (6, 16, 26, 36, 46, 66, 75.2) angeordnet und anschliessend die Metallisierungsschicht (6, 16, 26, 36, 46, 66, 75.2) strukturiert und darüber eine Passivierungsschicht (7, 17, 27, 37, 47, 55, 67, 75.3) aufgebracht wird. 5

20. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass beim anisotropen Ätzen von der vom Massstab (8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78) abgewandten Seite ausgehend derart geätzt wird, dass auf der dem 10 Massstab (8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78) zugewandten Seite dünne Stege (52.1) aus Silizium verbleiben, die einen Abstand zueinander entsprechend der gewünschten Gitterkonstanten für das Sendegitter (4, 14.1, 24, 34, 44, 52.1, 64, 74) aufweisen und parallel zu den 15 strukturierten Fotodetektoren (3, 13, 14.2, 23, 33, 43, 53, 63, 73) ausgerichtet sind.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Oxidschicht (5, 15, 25, 35, 45, 65, 75.1) aus  $\text{SiO}_2$  besteht und eine Dicke 20 von ca.  $1\text{ }\mu\text{m}$  aufweist und dass die Passivierungsschicht (7, 17, 27, 37, 47, 55, 67, 75.3) aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  besteht und eine Dicke von ca.  $0,7\text{ }\mu\text{m}$  aufweist.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

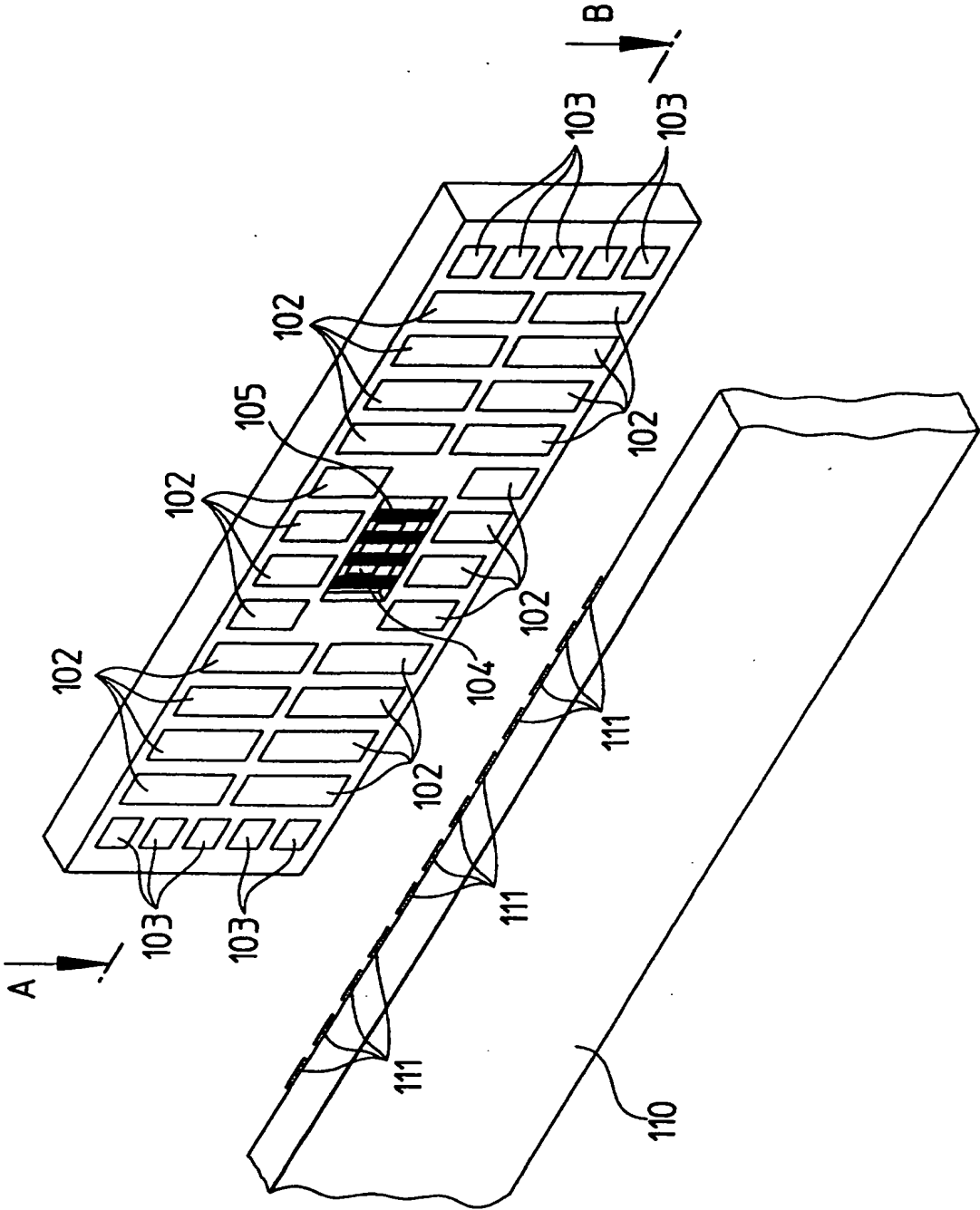


Fig.1

Fig.2

2/6

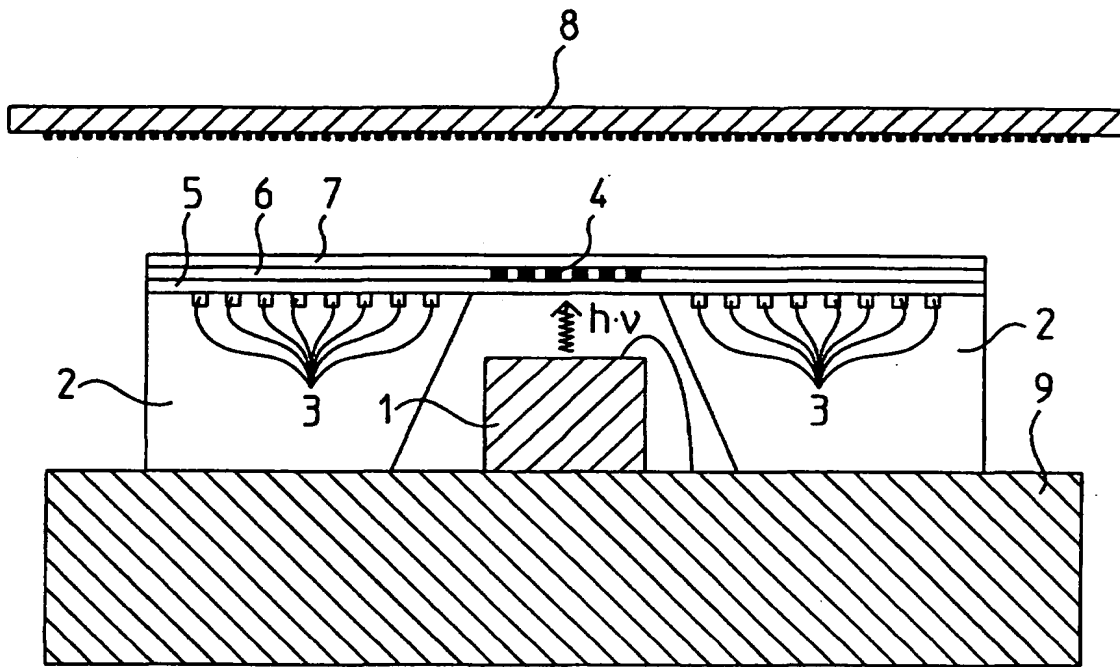


Fig.3

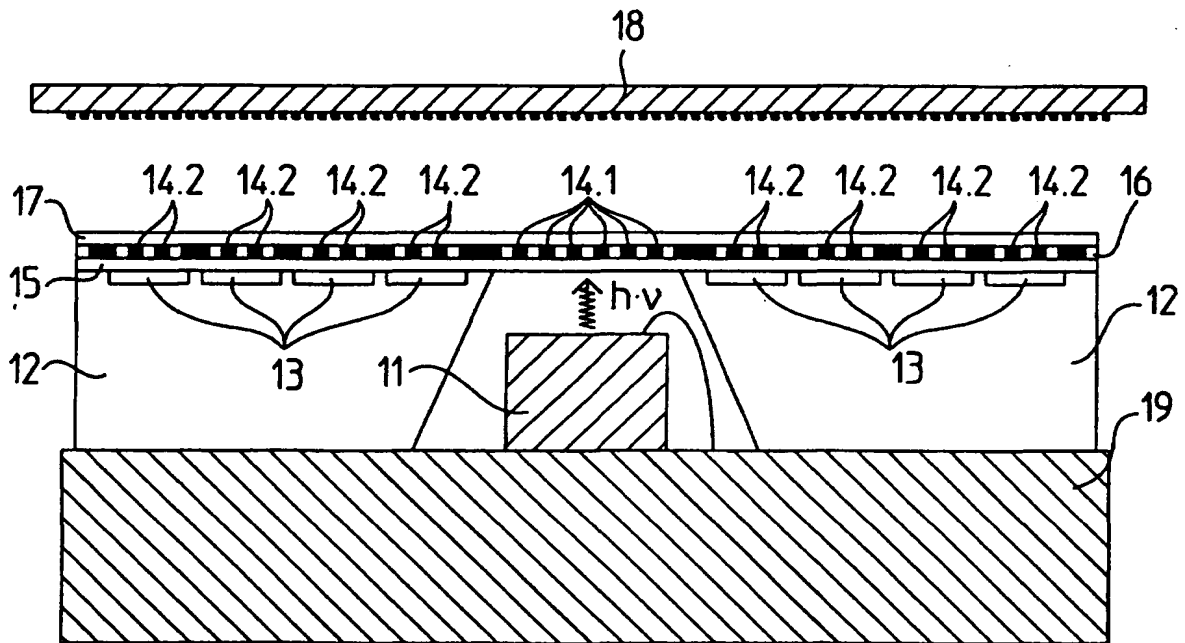


Fig.4

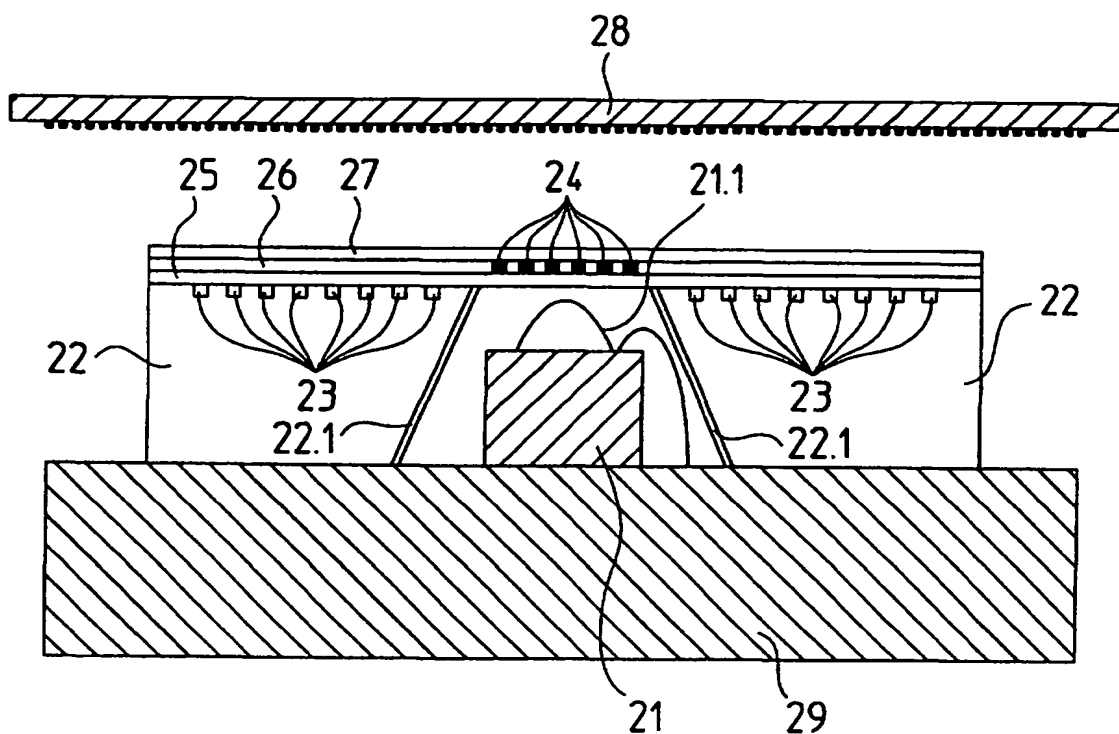


Fig.5

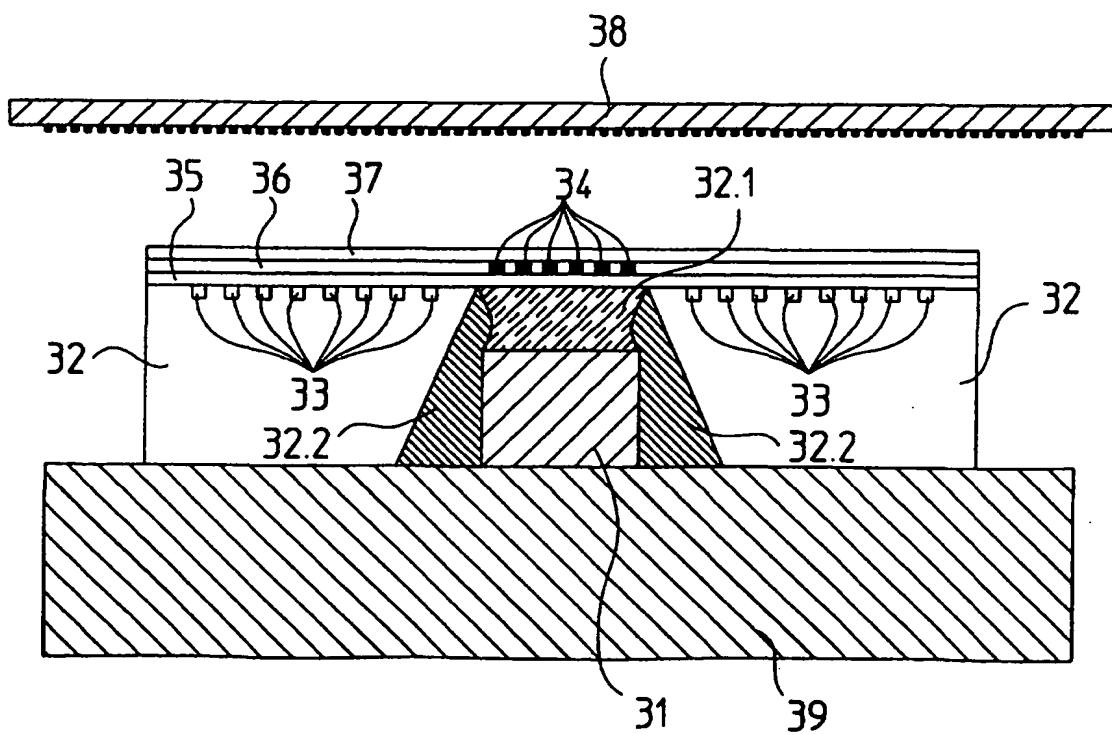


Fig.6

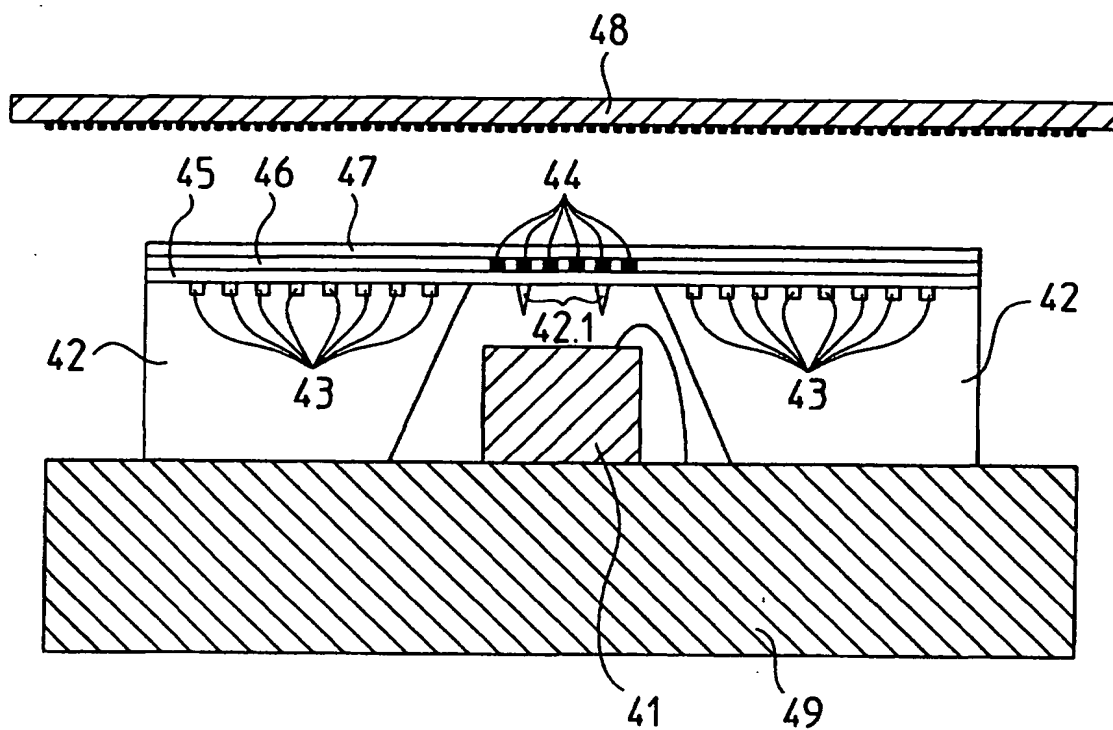


Fig.7

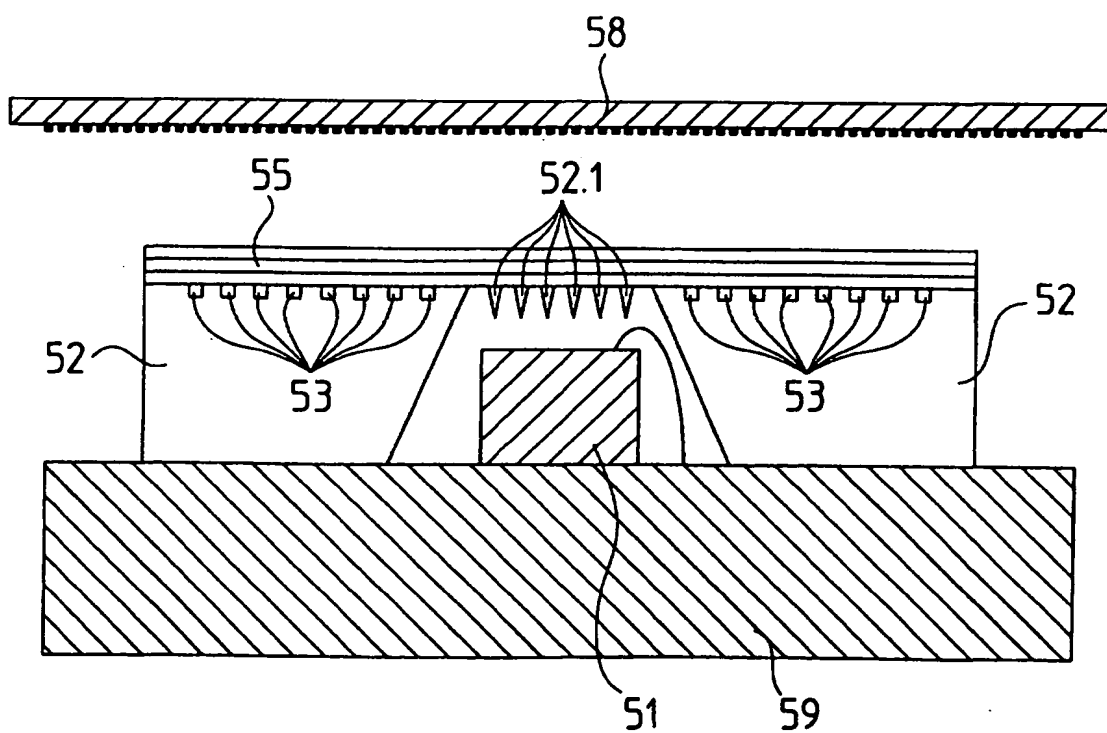


Fig.8

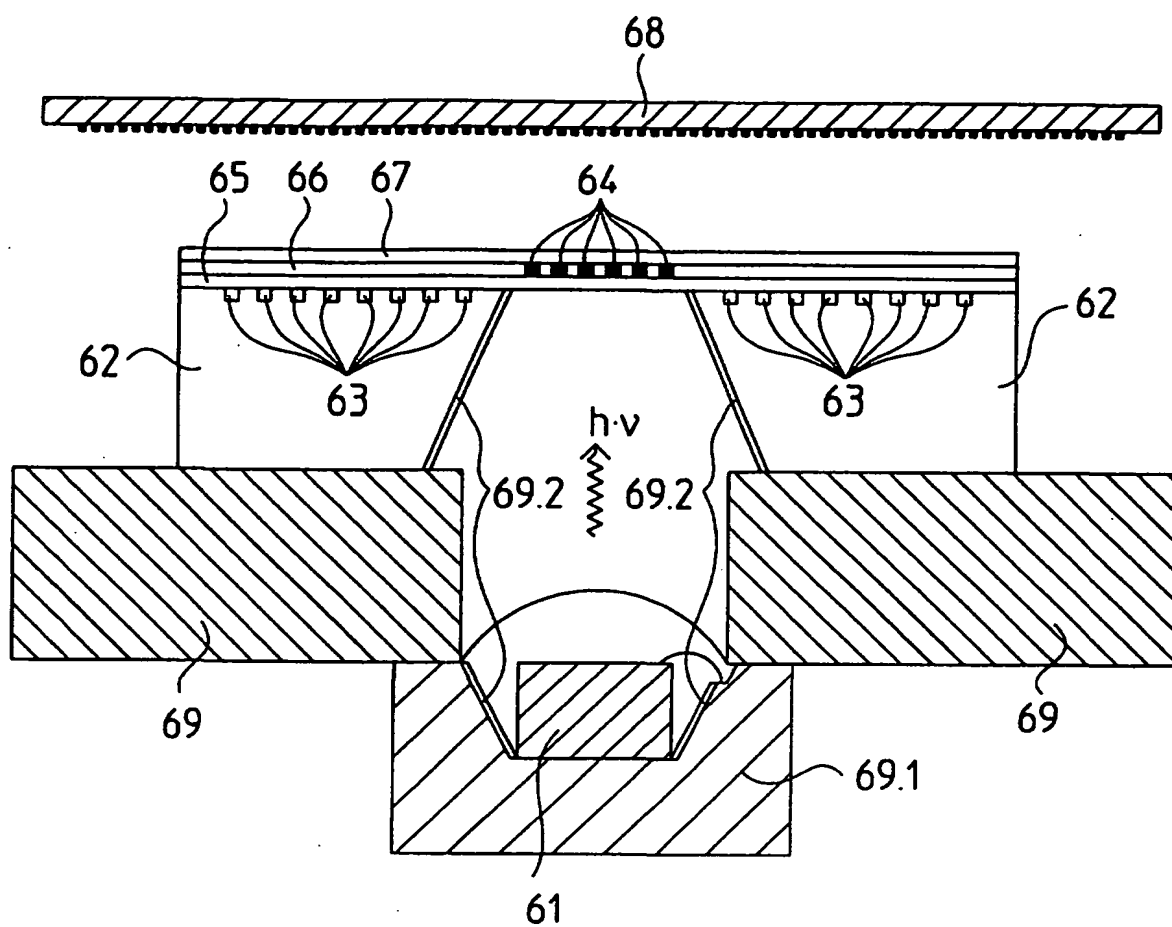


Fig.9

